

Analisa Log Densitas Dan Volume Shale Terhadap Kalori , Ash Content Dan Total Moisture Pada Lapisan Batubara Berdasarkan Data Well Logging Daerah Banko Pit 1 Barat, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan

Suko Dwi Putro, S.t, Agus Santoso M.Si, Wahyu Hidayat S.si M.sc

(*Prodi Teknik Geofisika, UPN "Veteran" Yogyakarta Jln SWK Ring Road Utara Condong Catur 55283,
email : sukodwiputro@rocketmail.com)

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian dengan menggunakan metode *Well Logging* di daerah Banko Pit 1 Barat, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Tujuan penelitian ini adalah Menganalisa nilai *log* densitas terhadap nilai kalori, *Ash Content* dan *Total Moisture* pada lapisan batubara, dan Menganalisa *Volume Shale* lapisan batubara terhadap nilai kalori dan *Ash Content* pada lapisan batubara. Metode *Well Logging* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Log gamma ray* dan *Log Densitas*. Dengan banyak sumur 8 (Delapan) titik bor yaitu sumur BK-177, BK-178, BK-190, BK-191, BK-192, BK-193, BK-194, BK-195. Hasil analisa di daerah penelitian didapatkan nilai rata-rata nilai densitas 1,522 gr/cc, *Volume Shale* 4,951%, *Ash Content* 3,39%, Kalori 6059 Kcal/kg dan *Total Moisture* 25%. Dengan menggunakan metode *Trideline Scatterplot Bivariant* yang digunakan untuk mendapatkan hubungan korelasi dari 2 variable. Dimana pada daerah penelitian memiliki hubungan korelasi kuat - korelasi sangat kuat. Dari analisa hubungan densitas dengan *Ash Content* memiliki variasi negatif $R^2 = 82,2\%$, (korelasi sangat kuat). Hubungan densitas dengan Kalori memiliki variasi positif $R^2 = 84,5\%$ (korelasi sangat kuat), Hubungan densitas dengan *Total Moisture* memiliki korelasi negatif $R^2 = 60,1\%$ (korelasi kuat) sedangkan hubungan kalori dengan *Ash Content* memiliki korelasi negatif $R^2 = 88,6\%$ (korelasi sangat kuat). Sedangkan hubungan *Volume Shale* dengan Kalori memiliki korelasi negatif $R^2 = 71,1\%$ (korelasi kuat), Hubungan *Volume Shale* dengan *Ash Content* memiliki korelasi positif $R^2 = 61,2\%$ (korelasi kuat) Dilihat dari hubungan korelasi tersebut kualitas batubara pada daerah penelitian memiliki kualitas yang baik.

Kata Kunci : *well logging, log gamma ray, log densitas, Volume Shale, Ash Content, Kalori, Total Moisture.*

ABSTRACT

The Research has been carried out using the method of *Well Logging* in the area Banko West Pit 1 , District Lawang Kidul District, Muara Enim , South Sumatra Province . The purpose of this study is to Analyze the log density of the caloric value , *Ash Content* and *Total Moisture* in the coal seam and shale volume Analyzing the calorific value of the coal seam and *Ash Content* on coal seam . *Well Logging* methods used in this research are gamma ray log and density log , with many wells 8 (Eight) drill point is well BK - 177 , BK - 178 , BK - 190 , BK - 191 , BK - 192 , BK - 193 , BK - 194 , BK - 195 . The results of the analysis in the study area average value obtained density value 1.522 g / cc , *Volume Shale* 4.951 % , 3.39 % *Ash Content* , Calories 6059 Kcal / kg, *Total Moisture* 25 % . By using the scatterplot *Trideline Bivariant* used to obtain the correlation of the two variables . Where the study area has a strong correlation - correlation is very strong . From the analysis of the relationship with *Ash Content* density having a negative variation of $R^2 = 82.2\%$, (very strong correlation) . Relationship with the Calorie density has a positive variation of $R^2 = 84.5\%$ (very strong correlation) , the *Total Moisture* density relationship has a negative correlation $R^2 = 60.1\%$ (strong correlation) while the relationship with *Ash Content* calories have a negative correlation $R^2 = 88,6\%$ (very strong correlation) . While the relationship with Calorie *Volume Shale* has a negative correlation $R^2 = 71.1\%$ (strong correlation) , *Volume Shale* relationship with *Ash Content* has a positive correlation $R^2 = 61.2\%$ (strong correlation) Judging from the correlation of coal quality in the study area has good quality

Keywords : *well logging, log gamma ray, log densitas, Volume Shale, Ash Content, Kalories, Total Moisture.*

I. PENDAHULUAN

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hydrogen dan oksigen. Sukandarrumidi, (1995). Pembentukan batubara dimulai sejak periode pembentukan karbon (*Carboniferous Period*) yang dikenal sebagai Zaman Batubara Pertama yang berlangsung selama 360 juta –

290 juta tahun lalu. Endapan tumbuhan yang berubah menjadi gambut (*peat*), selanjutnya berubah menjadi batubara muda (*lignite*) atau disebut pula batubara cokelat (*brown coal*). Setelah mendapatkan pengaruh suhu dan tekanan yang terus-menerus selama jutaan tahun, maka batubara muda akan mengalami perubahan, yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan berubah menjadi batubara subbituminus (*sub-bituminous*). Perubahan secara kimia dan fisika terus berlangsung hingga batubara menjadi lebih keras dan berwarna lebih hitam,

sehingga membentuk bituminus (*bituminous*). Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk antrasit (*anthracite*). Selain itu, semakin tinggi peringkat batubara, maka kadar karbon akan meningkat, sedangkan hidrogen dan oksigen akan berkurang, karena tingkat pembatubaraan secara umum dapat diasosiasikan dengan mutu batubara, maka batubara dengan tingkat batubara rendah disebut pula batubara bermutu rendah seperti lignit (*lignite*) dan subbituminus biasanya lebih lembut dengan materi yang rapuh dan berwarna suram seperti tanah, memiliki tingkat kelembaban (*moisture*) yang tinggi dan kadar karbon yang rendah, sehingga kandungan energinya juga rendah. Semakin tinggi nilai kalori, batubara umumnya semakin keras dan kompak serta berwarna semakin hitam mengkilat, kelembabannya pun akan berkurang, sedangkan kadar karbonnya meningkat, sehingga kandungan energinya semakin besar. Fischer, (1927), *op cit*. Susilawati (1992)

Kualitas batubara dijumpai sangat bervariasi, baik secara vertikal maupun lateral, antara lain bervariasi kandungan sulfur dan sodium, kondisi *roof* dan *floor*, kehadiran *parting* dan pengotor, proses *leaching*. Kondisi tersebut antara lain dipengaruhi oleh pembentukan batubara yang kompleks, lingkungan pengendapan tempat terbentuk batubara dan proses-proses geologi yang berlangsung bersama atau setelah batubara terbentuk, Kuncoro (1996).

Salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mendapatkan data geologi batubara bawah permukaan secara cepat dan tepat yaitu metode *well logging*. Metode ini menghasilkan tingkat akurasi data yang relatif tinggi dibandingkan dengan metode lain, sehingga metode ini masih tetap menjadi pilihan utama perusahaan dalam melakukan eksplorasi meskipun butuh biaya yang relatif mahal. *Well logging* merupakan salah satu pencatatan, perekaman, penggambaran sifat karakter, ciri data keterangan dan urutan bawah permukaan secara bersambung dan teratur selaras dengan maujunya peralatan yang dipakai, Mares, (1984). *Well logging* adalah salah satu metode geofisika yang relatif akurat dalam penentuan kedalaman dan ketebalan suatu lapisan dengan menggunakan kombinasi gamma ray dan densitas, Musset, (2001).

Penelitian ini dilaksanakan di daerah Tanjung Enim, Sumatera Selatan tempatnya di PT. Bukit Asam (persero), Tbk. Karena pada daerah tersebut memiliki tambang batubara dengan luas $\pm 6,5$ km². Penulis sangat tertarik karena ingin mengetahui kandungan litologi dan kualitas serta ketebalan batubara di daerah tersebut dengan menggunakan metode geofisika *well logging*. Penelitian ini dilaksanakan di lapangan Banko PIT 1 Barat, yang terletak di Formasi Muara Enim. Jarak tempuh untuk menuju lapangan ± 30 menit dari kantor Ekplorasi Rinci PT. Bukit Asam. Di Lapangan tersebut terdapat 5 (lima) lapisan batubara yaitu, lapisan A1, A2, B1, B2, C. Pada setiap masing-

masing lapisan tersebut memiliki ciri-ciri dan ketebalan yang berbeda.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa dan mengetahui pengukuran *well logging* pada lapisan batubara dari log gamma ray dan log densitas di daerah penelitian, uji kimia yang terdiri dari (*Ash Content Total moisture*, kalori, dan *volume shale*)

Tujuan dari penelitian untuk menganalisa hubungan log densitas terhadap kalori, *Ash Content* dan *Total Moisture* pada lapisan batubara. dan menganalisa hubungan *volume shale* terhadap nilai kalori dan *Ash Content* pada lapisan batubara

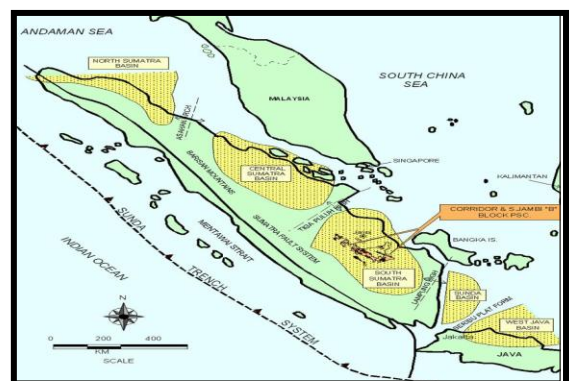
II. TIJAUAN PUSTAKA

II.1. Geologi Regional

II.1.1. Fisiografi

Fisiografi daerah penelitian menurut Asikin (1989), terbagi menjadi 4 bagian, yaitu:

1. Cekungan Sumatera Selatan.
2. Bukit Barisan dan Tinggian Lampung.
3. Cekungan Bengkulu, meliputi lepas pantai antara daratan Sumatera dan rangkaian pulau-pulau di sebelah barat pulau Sumatera.
4. Rangkaian kepulauan di sebelah barat Sumatera, yang membentuk suatu busur tak bergunung api di sebelah barat pulau Sumatera.



Gambar II.1. Elemen tektonik pulau Sumatra (Koesoemadinata, 1980)

Pada **gambar II.1** menerangkan bahwa subduksi dari Lempeng Hindia-Australia dengan batas Lempeng Asia pada masa Paleogen diperkirakan menyebabkan rotasi Lempeng Asia termasuk Sumatra searah jarum jam. Perubahan posisi Sumatra yang sebelumnya berarah E-W menjadi SE-NW dimulai pada Eosen-Oligosen. Perubahan tersebut juga mengindikasikan meningkatnya pergerakan sesar mendatar Sumatra seiring dengan rotasi. Subduksi *oblique* dan pengaruh sistem mendatar Sumatra menjadikan kompleksitas regim *stress* dan pola *strain* pada Sumatra (Darman dan Sidi, 2000). Karakteristik Awal Tersier Sumatra ditandai dengan pembentukan cekungan-cekungan belakang busur sepanjang Pulau Sumatera, yaitu Cekungan Sumatera Utara, Cekungan

Sumatera Tengah, dan Cekungan Sumatera Selatan.

II.1.2. Stratigrafi

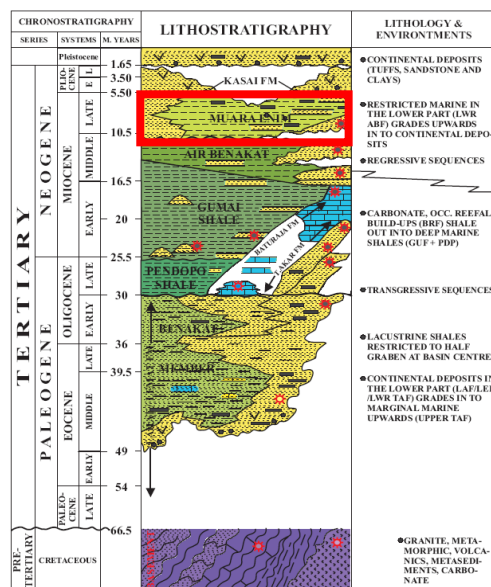
Sedimentasi di Cekungan Sumatera Selatan berlangsung menerus selama zaman Tersier disertai dengan penurunan dasar cekungan hingga ketebalan sedimen mencapai 600 meter (Bemmelen, 1949). Siklus pengendapan di Cekungan Sumatera Selatan terbagi dalam 2 fase (Jackson, 1961), yaitu:

- Fase Transgresi, menghasilkan endapan kelompok Telisa yang terdiri dari Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja dan Formasi Gumai. Kelompok Telisa ini diendapkan tidak selaras diatas batuan dasar berumur pra Persia.
- Fase Regresi, menghasilkan endapan kelompok Palembang yang terdiri dari Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai.

Koesoemadinata dan Pulunggono (1969), mengemukakan bahwa sedimentasi yang terjadi selama Tersier berlangsung pada lingkungan laut setengah tertutup. Pada fase transgresi terbentuk urutan fasies darat-transisi-laut dangkal pada fase regresi terbentuk urutan sebaliknya yaitu, laut dangkal-transisi-darat.

Stratigrafi pada cekungan Sumatera Selatan dapat dikenal satu daur besar (*Megacycle*) yang terdiri dari suatu transgresi yang diikuti regresi (Koesoemadinata, 1980).

Endapan Tersier pada Cekungan Sumatera Selatan dari tua ke muda terdiri dari Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, Formasi Gumai, Formasi Air Benakat (**Gambar II.2**)

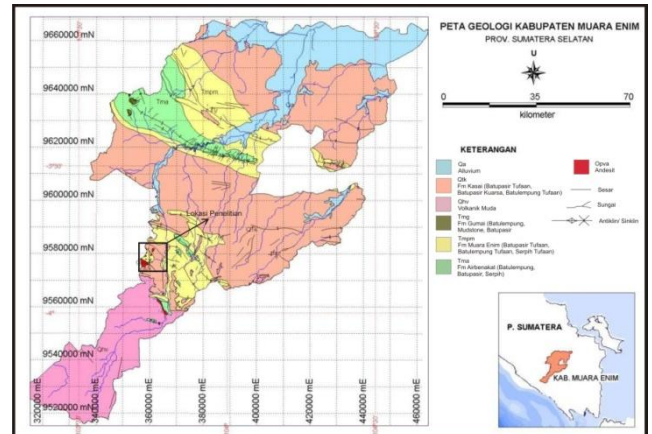


Gambar II.2. Kolom stratigrafi regional daerah penelitian (Koesoemadinata, 1980)

II.1.3. Struktur Geologi

Secara regional daerah penelitian termasuk dalam Cekungan Sumatera terbentuk oleh aktifitas dua lempeng, yaitu lempeng benua Asia dan Lempeng lautan India mengakibatkan deformasi yang kuat menyebabkan terbentuknya Bukit Barisan. Batuan sedimen Tersier di Banko Barat ini diendapkan pada

Cekungan Sumatera Selatan membentuk sinklin Lematang, sisi barat daya dari cekungan ini membentuk antiklin Muara Enim. Dimana antiklin ini membentuk gunung Gumai dan gunung Garba di Selatan. Antiklin Muara Enim dibagi menjadi dua bagian yaitu : dibagian Utara – Timur dan Selatan – Tenggara dengan membentuk intrusi Hyperbasal, Andesit, dan Basalt.



Gambar II.3. Peta geologi kabupaten Muara Enim (Sumber : Gafoer, dkk, 1986)

II.2. Geologi Lokal

Formasi Muara Enim diendapkan selaras diatas Formasi Air Benakat. Formasi ini mewakili tahap akhir dari fase regresi Tersier, berumur Miosen Atas yang tersusun oleh batulempung, batulempung pasir, dan batubara. Formasi ini merupakan hasil pengendapan laut neritik sampai rawa dengan ketebalan berkisar 150-750 meter. Pada formasi ini terdapat oksida besi berupa konkresi-konkresi dan *silisified wood*.

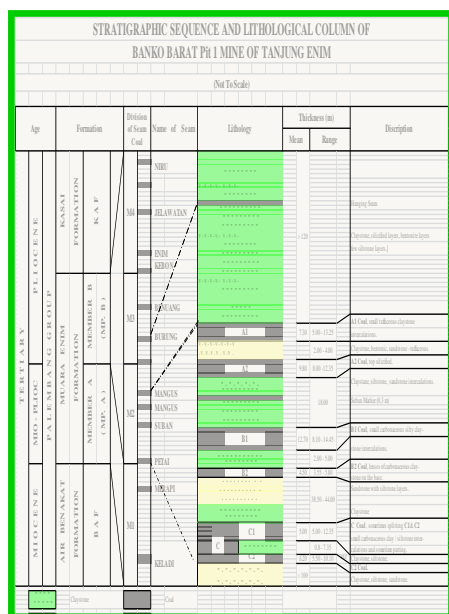
Struktur yang berada di daerah penelitian merupakan bentuk yang antiformal atau kubah karena berasosiasi dengan batuan beku (andesit), intrusi andesit di daerah Bukit Asam diperkirakan setelah Orogenesa Pliosen-Pliosen.

II.2.1. Stratigrafi Lapisan Batubara Daerah Penelitian

Batubara daerah Bukit Asam yang sekitarnya yang potensial dan bernilai ekonomis untuk ditambang saat ini ada 5 lapisan. Adapun urutan stratigrafi Tanjung Enim dari tua ke muda sebagai berikut (**Gambar II.4**) :

- Lapisan Batubara Petai (Batubara C) Lapisan batubara ini mempunyai ketebalan antara 7-10 meter, berwarna hitam mengkilat dan mengandung lapisan pengotor batubara lempung dan batulanau dengan ketebalan sekitar 10-15 cm. interburden antara batubara C dengan batubara B2 dicirikan oleh batupasir dengan sisipan batulanau dengan ketebalan sekitar 20-40 meter dan batulempung berwarna abu-abu terang.

2. Lapisan Batubara Suban Bawah (Batubara B2) Lapisan batubara ini mempunyai ketebalan 4-5 meter, dengan batubara yang berwarna hitam kecoklatan dengan tidak teratur dan terdapat mineral pyrite di dalam batubara ini. Interburden antara batubara B1 dengan batubara B2 dicirikan dengan batulempung massif, batupasir dengan ketebalan lapisan antara 2-5 meter.
3. Lapisan Batubara Suban Bawah (Batubara B1) Lapisan batubara ini berwarna hitam mengkilat di sekitar intrusi. Terdapat mineral pyrite dan batulempung berwarna hitam serta sangat keras dengan ketebalan kurang dari 5 meter. ketebalan lapisan batubara ini kurang lebih 8-12 meter. interburden antara batubara A2 dengan B1 dicirikan oleh adanya batulempung dan batulempung lanauan.yang berwarna kelabu dan massif serta mengandung mineral pyrite, dan ketebalan interburden ini antara 15-23 meter dan terdapat lapisan batubara tipis yang disebut suban marker.
4. Lapisan Batubara Mangus Bawah (Batubara A1) Lapisan batubara ini mempunyai ketebalan antara 6,5-10 meter. dicirikan adanya 3 buah pita berwarna putih dengan ketebalan kurang dari 40 meter, yang brupa sisipan batulempung tufaan. Overburden lapisan ini dicirikan oleh batulempung berwarna abu-abu gelap kehijauan serta dijumpai claystone irone yang sangat keras berwarna coklat kemerahan dengan ketebalan seluruhnya sampai batubara yang dinamakan *Hanging Seam*. Lapisan batubara ini tidak ditambang karena tidak bernilai ekonomis.



Gambar II.4. Stratigrafi dan kolom litologi lapisan batubara di daerah Bukit Asam dan sekitarnya (PT. Bukit Asam, 2000)

Ciri-ciri batubara Sub formasi M2 dapat dibedakan

berdasarkan:

1. Sifat fisik atau karakteristik batuan interburden, baik berada di atas atau dibawah lapisan batubara tersebut.
2. Jumlah lapisan pengotor (*Clay Band*) ataupun adanya cirri-ciri lainnya seperti silicified coal, yaitu batubara silikaan yang sangat keras terutama pada top atau lapisan atas batubara A2. Adanya batubara tipis yang disebut suban marker. Lapisan batubara ini mencirikan interburden antara lapisan batubara A2 dengan batubara B1.
3. Ketebalan rata-rata dari lapisan batubara maupun interburdennya.

III. DASAR TEORI

III.1. Batubara

III.1.1 Pengertian Batubara

Batubara merupakan suatu campuran padatan yang heterogen dan terdapat dalam dalam tingkat (*grade*) yang berbeda mulai dari lignit, subbitumine, antrasit. Berdasarkan atas kandungan zat terbang (*volatile matter*) dan besarnya kalori panas yang dihasilkan batubara dibagi menjadi 9 kelas utama. (Sukandarrumidi , 1995)

III.1.2 Proses Terbentuknya Batubara

Batubara terbentuk dengan cara yang sangat kompleks dan memerlukan waktu yang lama (puluhan sampai ratusan juta tahun) dibawah pengaruh fisika, kimia dan keadaan [geologi](#). Untuk memahami bagaimana batubara terbentuk dari tumbuh-tumbuhan perlu diketahui dimana batubara terbentuk dari tumbuh-tumbuhan perlu diketahui dimana batubara terbentuk dan faktor-faktor yang akan mempengaruhinya serta bentuk lapisan batubara.

- Tempat Terbentuknya Batubara di Daerah Penelitian

Teori ini menyatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terbentuknya ditempat dimana tumbuh-tumbuhan asal itu berada. Dengan demikian setelah tumbuhan tersebut mati, belum mengalami proses transportasi, segera tertimbun oleh lapisan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran luas dan merata, kualitasnya lebih baik karena kadar abunya relatif kecil, Dapat dijumpai pada lapangan batubara Muara Enim (SumSel).

III.2 Well logging Geofisika untuk Sumberdaya dan Cadangan Batubara

III.2.1 Pengertian Dasar

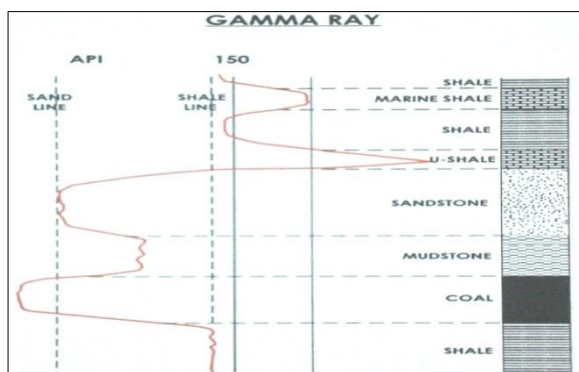
Well logging secara bebas dan sederhana berarti suatu pencatatan perekaman penggambaran sifat, karakter, ciri, data, keterangan, urutan bawah permukaan secara bersambung dan teratur selaras dengan majunya alat yang dipakai. Sehingga diagram yang dihasilkan akan merupakan gambaran hubungan antara kedalaman dengan karakter/sifat yang ada pada formasi (Winda, 1996).

III.2.2 Log Gamma ray

Penentuannya berdasarkan pada keterdapatn konsentrasi uranium. Sumber dari *gamma ray* adalah potasium atau lebih khusus lagi berasosiasi dengan isotop K_{40} . Potasium umumnya terdapat pada *shale/clay* sehingga pengukuran *gamma ray* biasanya digunakan untuk mengevaluasi kandungan *shale/clay* (BPB manual, 1981).

Caranya *gamma* alami dipancarkan oleh sumber radioaktif, karena ada perbedaan kandungan mineral lempung dari tiap batuan maka pancaran sinar balik yang terekam akan berbeda, dari perbedaan ini akhirnya litologinya dapat ditentukan. Dalam penentuan lapisan batuan pembawa batubara, garis *shale* adalah respon tetapan harga 100% pada *log*, sehingga selalu dapat ditentukan. Pembacaan lebih kecil dari besaran garis *shale* berarti bertambahnya keberadaan batupasir, batugamping dan batubara, sedangkan pembacaan diatas garis *shale* menunjukkan lapisan marin (*marine bands*) atau konsentrasi uranium (BPB manual, 1981).

Penggambaran garis batupasir berada dibawah garis batupasir biasanya menunjukkan batubara atau batugamping. Untuk *defleksi* diantara garis *shale* dan batupasir menunjukkan gradasi antara batupasir dan *shale*, seperti batulanau, batugamping *argilaceous* dan kadang batubara kotor (**Gambar III.2** (BPB manual, 1981).



Gambar III.1. Respon litologi yang umumnya dijumpai pada lapisan pembawa batubara dengan metode log gamma ray (BPB manual, 1981).

III.2.3 Log Densitas

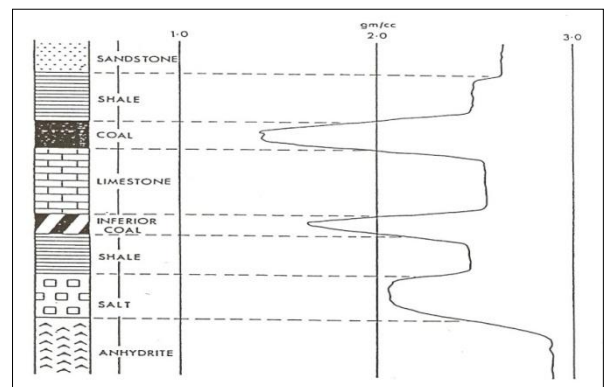
Prinsip kerja log density (Harsono, 1993) yaitu suatu sumber radioaktif dari alat pengukur di pancarkan sinar gamma dengan intensitas energi tertentu menembus formasi/batuan. Batuan terbentuk dari butiran mineral, mineral tersusun dari atom-atom yang terdiri dari *proton* dan *elektron*. Partikel sinar *gamma* membentur *elektron-elektron* dalam batuan. Akibat benturan ini sinar *gamma* akan mengalami pengurangan energi (*loose energy*). Energi yang kembali sesudah mengalami benturan akan diterima oleh detektor yang berjarak tertentu dengan sumbernya. Makin lemahnya energi yang kembali menunjukkan makin banyaknya *elektron-elektron* dalam batuan, yang berarti makin banyak/padat butiran/mineral penyusun batuan persatuan volume. Besar kecilnya energi yang

diterima oleh detektor tergantung dari :

- Besarnya densitas matriks batuan.
- Besarnya porositas batuan.
- Besarnya densitas kandungan yang ada dalam pori-pori batuan.

Volume batuan yang diselidiki oleh alat *density log* tergantung pada jarak antara sumber radioaktif dan detektor. Untuk batuan yang tidak memerlukan resolusi tinggi, lebih baik menggunakan jarak antara sumber dan detektor agak jauh yaitu *long spacing density tool* (BPB manual, 1981)

Respon kerapatan diatas lapisan batubara agak unik disebabkan kerapatan batubara yang rendah. Hal ini akan mendekati kebenaran apabila batubara berkualitas rendah. Pada defleksi *gamma ray*, batubara dan batupasir adalah serupa, tapi menunjukkan perubahan kerapatan yang kuat pada *log density* (**Gambar III.2**), sehingga dapat dibedakan (BPB manual, 1981).



Gambar III.2. Respon litologi yang umumnya dijumpai pada lapisan pembawa batubara dengan metode *log density* (BPB manual, 1981).

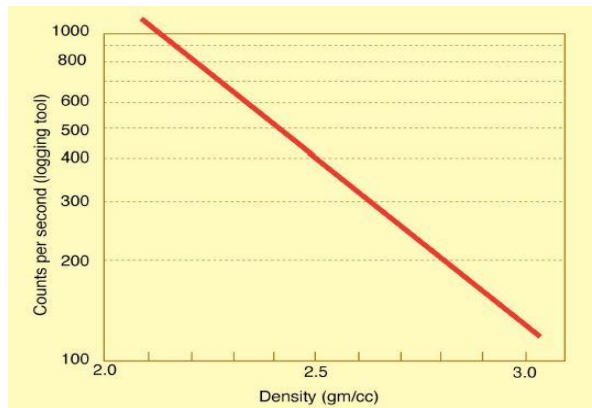
Berdasarkan tabel dan gambar tersebut, terlihat bahwa batubara mempunyai nilai densitas antara 1,2 s/d 1,8 gr/cc yang berarti densitas terendah diantara semua batuan kecuali bila dibandingkan dengan densitas dari air dan gas yang berada di bawahnya.

Dalam densitas log kurva dinyatakan dalam satuan gr/cc, karena energi yang diterima untuk deflektor dipengaruhi oleh matrik batuan ditambah kandungan yang ada dalam pori batuan, maka satuan gr/cc merupakan besaran bulk density batuan (pb).

pada penelitian yang dilakukan, satuan dari log densitas adalah *counts per second* (CPS) untuk memudahkan perhitungan maka dilakukan kalibrasi satuan dari CPS ke gr/cc nilai satuan CPS berbanding terbalik dengan nilai satuan gr/cc. Apabila defleksi log dalam satuan CPS menunjukkan nilai yang tinggi, maka akan menunjukkan nilai yang rendah dalam satuan gr/cc.

Pemanahan adalah apabila nilai dalam CPS tinggi berarti sinyal radioaktif yang ditangkap kembali oleh sensor juga tinggi, hal ini disebabkan sinyal radioaktif yang mengukur kerapatan elektron batuan hanya sedikit, karena kerapatan elektron batuan hanya sedikit atau rendah maka nilai kerapatan massa batuan

dalam gr/cc juga rendah, sebaliknya apabila nilai dalam CPS rendah berarti sinyal radioaktif yang mengukur kerapatan elektron batuan lebih banyak atau tinggi sehingga rapat massa batuan dalam gr/cc juga lebih tinggi.



Gambar III.3. Hubungan antara satuan CPS dan gram/cc menurut Warren (2002) yang telah dimodifikasi.

Berdasarkan gambar 2 dapat diperoleh rumus, sebagai berikut:

$$Y = 177598 e^{-2.4325^x} \quad (III.1)$$

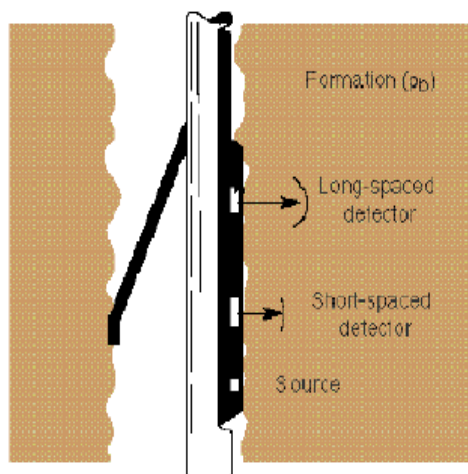
Keterangan:

Y : nilai densitas dalam satuan CPS

X : nilai densitas dalam satuan gr/cc

dan secara manual kurva hubungan antara satuan CPS dengan gr/cc (Warren, 2002) dapat dilihat pada (lampiran gambar kurva).

Log density terdiri dari 2 macam yaitu *Long Spacing Density (LSD)* dan *Short Spacing Density (SSD)* atau *Bed Resolution Density (BRD)*. *Long spacing density* digunakan untuk evaluasi lapisan batubara karena menunjukkan densitas yang mendekati sebenarnya berkat pengaruh yang kecil dari dinding lubang bor. Sedangkan *Short spacing density* mempunyai resolusi vertikal yang tinggi, maka cocok untuk pengukuran ketebalan lapisan batubara.



Gambar III.4. Alat perekaman log densitas (Firdaus, 2008).

III.4. Estimasi Kandungan Shale Pada Log Gamma Ray

Log gamma ray dapat digunakan untuk mengetahui besarnya kandungan shale pada log gamma ray, yang mana dari masing-masing indikasi clay tersebut akan menunjukkan harga yang cukup baik (V_{clay} rendah) maupun kurang baik (V_{clay} tinggi). Dasar dari estimasi kandungan shale adalah korelasi diantara kandungan shale dan aktivitas gamma ray. Dengan asumsi bahwa selama lapisan batuan tidak mengandung mineral lain selain shale/clay yang bersifat radioaktif, sebab kurva gamma ray tidak dipengaruhi oleh jenis kandungan maupun kekompakan batuan. Sehingga besar kecilnya intensitas radioaktif yang diterima oleh detektor mencerminkan besar kecilnya kandungan shale/clay yang ada dalam lapisan. Perhitungan harga V_{clay} untuk lapisan-lapisan digunakan rumus yaitu sebagai tahap awal adalah menghitung indeks gamma ray (**Gambar III.5**).

$$I_{GR} = \frac{GR - GR_{cn}}{GR_{sh} - GR_{cn}} \quad (III.2)$$

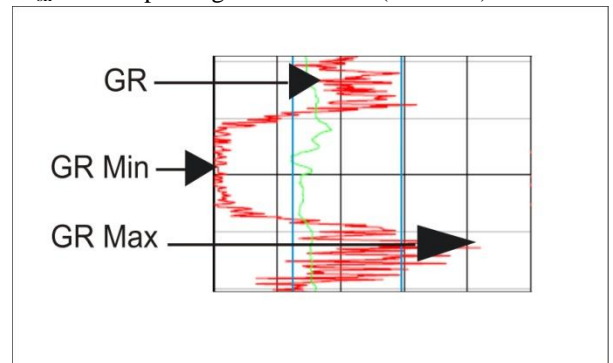
Dengan:

I_{GR} : indeks shale gamma ray %

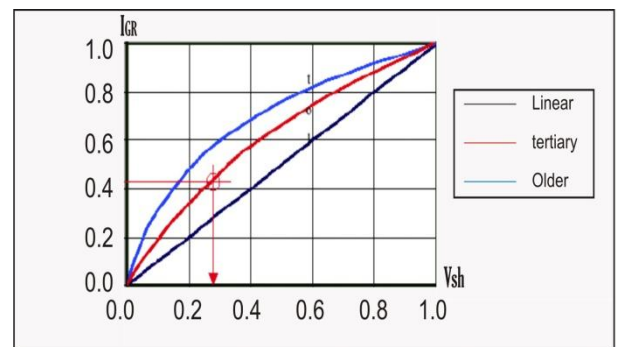
GR : respon log gamma ray pada lapisan yang ingin dihitung %

GR_{cn} : respon log pada zona yang bebas shale (GRMin) %

GR_{sh} : respon log di zona shale (GR Max) %



Gambar III.5. Pemodelan untuk menghitung I_{GR} (Introduction to log interpretation, Anonim 2008)



Gambar III.6. Grafik V_{sh} Vs gamma ray (Introduction to log interpretation, Anonim (2008)).

Gambar III.6 merupakan gambar hubungan V_{sh} Vs γ ray. Pada grafik tersebut dijelaskan bahwa, semakin besar nilai γ ray yang terkandung dalam batuan mengindikasikan nilai volume shale/clay yang terkandung juga besar. Langkah selanjutnya adalah setelah I_{GR} didapat adalah menghitung volume shale (V_{sh}), yaitu memakai hubungan I_{GR} dengan V_{sh} dengan rumus (Firdaus, 2008), yaitu:

Hubungan Linear,

$$V_{sh} = I_{GR} \quad (III.3)$$

Tertiary Clastic (Larionov, 1969)

$$V_{sh} = 0,083.(2^{3,7.I_{GR}} - 1) \quad (III.4)$$

Older Rock (Larionov, 1969)

$$V_{sh} = 0,33.(2^{2.I_{GR}} - 1) \quad (III.5)$$

IV. METODOLOGI PENELITIAN

IV.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

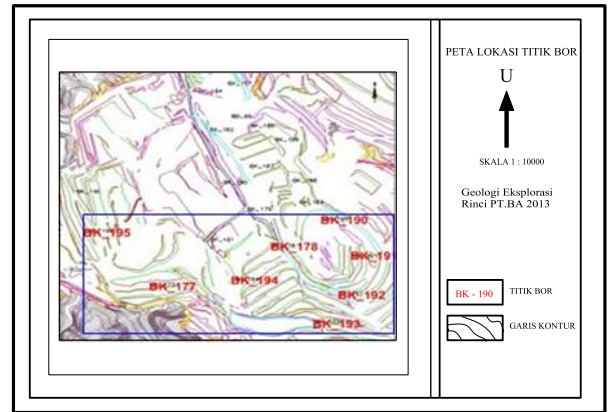
Secara administratif lokasi penelitian tugas akhir terletak di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Propinsi Sumatera Selatan dengan luas daerah tambang $\pm 6,5 \text{ km}^2$, tepatnya pada koordinat Utara 9.577.000 sampai 9.585.000 dan Timur 367.000 sampai 372.000. Perjalanan dari tambang Bukit Asam menuju daerah Banko dapat ditempuh dalam waktu 15 menit (**Gambar IV.1**).



Gambar IV.1. lokasi penelitian di daerah Banko, Propinsi Sumatera Selatan (PT.Bukit Asam,2008)

IV.1 Lokasi Penelitian

Secara administratif lokasi penelitian tugas akhir terletak di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Propinsi Sumatera Selatan dengan luas daerah tambang $\pm 6,5 \text{ km}^2$, tepatnya pada koordinat Utara 9.577.000 sampai 9.585.000 dan Timur 367.000 sampai 372.000, Penelitian ini didapatkan delapan (8) titik sumur bor yaitu : BK-177 , BK-187 , BK-190 , BK-191 , BK-192 , BK-193 , BK-194 BK-195. Lebih jelasnya dapat dilihat pada (**Gambar IV.2**).



Gambar IV.2 Peta lokasi titik bor penelitian (Geologi Eksplorasi Rinci PT.BA 2013)

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sumur BK-177

DEPTH	Gamma Ray (API)	Densitas (gr/cc)	Tebal Lapisan (m)	Ash Content (%)	Kalori (Kcal/kg)	TM (%)	Volume Shale (%)	Litologi
0.0			3.5					Batupasir
5.0								
10.0	0 - 10	1,62	11	2,9	6128	22,6	3,11	Batubara A2
15.0								
20.0			6,4					Batulanau
25.0	0 - 5	1,64	1,35					Batubara Suban Marker
30.0			9,4					Batulanau
35.0	0 - 9	1,67	12,92	2,7	6140	21,5	2,16	Batubara B1
40.0								Batulempung
45.0			8,68					Batulanau
50.0	0 - 5	1,70	5,02	2,5	6210	20,2	3,2	Batubara B2
55.0								
60.0			23,98					Batupasir
65.0								
70.0								
75.0								
80.0			16,54					Batulempung
85.0								
90.0								
95.0	0 - 12	1,44	9	4,2	5978	24,0	6,98	Batubara C
100.0								
105.0			1,38					Batulempung

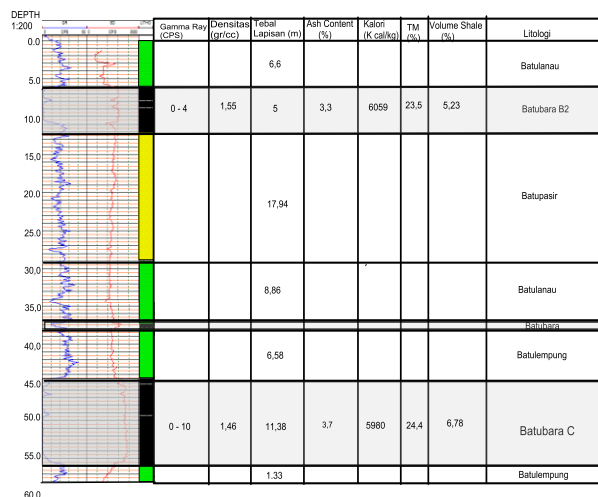
Gambar V.1. Model sumur BK_177

Pada sumur BK-177 dilakukan pengeboran sampai kedalaman 105.0m, dengan satuan litologi, batupasir, batulempung, batulanau dan batubara suban marker dan batubara. Di sumur BK-177 didapatkan empat (4) lapisan batubara yaitu lapisan A2, B1, B2, C. Yang masing-masing memiliki nilai densitas, kalori, tebal, dan *Ash Content* yang berbeda-beda. Di kedalaman 4,35m - 15,38m didapatkan lapisan batubara A2 dengan ketebalan lapisan 11,03m, Sesuai dengan kolom stratigrafi dan kolom litologi di daerah penelitian Banko pit 1 barat lapisan batubara A2 dicirikan dengan adanya *interbuden* litologi batupasir tebal lapisan 3,5 m. Nilai densitas lapisan batubara A2 sekitar 1,62 gr/cc dan nilai *volume shale* 3,11% yang diketahui dari hasil perhitungan *volume shale*. Sedangkan nilai *Ash content* sebesar 2,9%, Nilai kalori sebesar 6128 kcal/kg dan total *moisture* (TM) 22,6 % yang diketahui dari hasil uji laboratorium, Lapisan

batubara B1 berada di kedalaman 26,50 - 39,42 m, dengan ketebalan 12,92m, *Interbuden* antara lapisan batubara A2 dengan lapisan batubara B1 dicirikan oleh adanya batulanau dan terdapat lapisan batubara tipis yang disebut Suban Marker. Nilai densitas lapisan batubara B1 sekitar 1,67 gr/cc dan nilai *vulume shale* 2,16% yang diketahui dari hasil perhitungan *volume shale* dilapisan batubara, Nilai *Ash content* sebesar 2,7%, Nilai kalori sebesar 6140 kcal/kg dan total *moisture* (TM) 21,5% dari hasil uji laboratorium.

Sedangkan pada lapisan batubara B2 ada di kedalaman 48,10 - 53,12 m dengan ketebalan lapisan 5,02m, *Interbuden* antara lapisan batubara B1 dengan lapisan batubara B2 dicirikan dengan batulempung dan batulanau. Lapisan batubara B2 memiliki nilai densitas sebesar 1,70 gr/cc. Nilai *vulume shale* 3,23% yang diketahui dari hasil perhitungan analisis *volume shale* dan *Ash Content* sebesar 2,5%, Nilai kalori sebesar 6210 kcal/kg dengan *Total Moisture* (TM) 20,2%. yang diketahui setelah dilakukan uji laboratorium. Terakhir pada lapisan batubara C berada di kedalaman 93-102m, *Interbuden* antara lapisan batubara C dengan batubara B2 dicirikan oleh batupasir dan batulempung dengan tebal lapisan batubara 9,00 m, nilai densitas sebesar 1,4 gr/cc, dengan nilai *vulume shale* 6,98 % yang diketahui dari perhitungan *volume shale* dan nilai *Ash Content* yang ada di lapisan batubara tersebut sebesar 4,2%, Nilai kalori sebesar 5978 kcal/kg dan *Total Moisture* (TM) 24,0%. yang diketahui dari hasil uji laboratorium. lebih jelasnya dapat dilihat (**Gambar V.1**)

2. Sumur BK-178

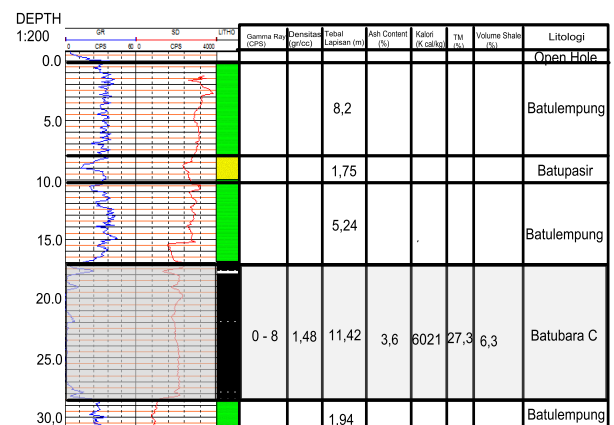


Gambar V.2. Model sumur BK_178

Pada sumur BK-178 pengeboran dilakukan sampai kedalaman 580 m, Dengan penyusun litologi, batupasir, batulempung, batulanau dan batubara. Dari (**Gambar V.2**) pemodelan sumur BK-178 didapatkan dua (2) lapisan batubara yaitu lapisan batubara B2 dan dan lapisan batubara C. Pada lapisan batubara B2 ada di kedalaman 6,06 - 11,06 m, ketebalan lapisan mencapai 5,00 m. *Interbuden* lapisan batubara B2 dicirikan dengan adanya batulanau, dengan ketebalan lapisan antara 6,6 m, Nilai densitas batubara B2 di

sumur BK-178 sebesar 1,55 gr/cc, nilai *vulume shale* 5,23 % yang diketahui dari proses perhitungan *volume shale* dan nilai *Ash content* sebesar 3,3%. dan nilai kalori sebesar 6059 kcal/kg serta *Total Moisture* (TM) sebesar 23,5% yang diketahui setelah dilakukan ujilaboratorium, Sedangkan pada lapisan batubara C ada di kedalaman 44,44 - 55,82 m, Dengan tebal lapisan 11,30 m, *Interbuden* antara batubara C dengan batubara B2 dicirikan oleh lapisan batupasir, batulanau dan batulempung. Lapisan batubara C yang memiliki nilai densitas sekitar 1,46 gr/cc, dengan *volume shale* sebesar 6,78% yang diketahui dari hasil perhitungan *volume shale*, Dari *volume shale* di lapisan batubara diketahui nilai *Ash Content* sebesar 3,7%, dan nilai kalori sebesar 5980 kcal/kg serta *Total Moisture* (TM) sebesar 24,4% sudah diketahui dari hasil ujilabpratorium. lebih jelasnya dapat dilihat (**Gambar V.2**)

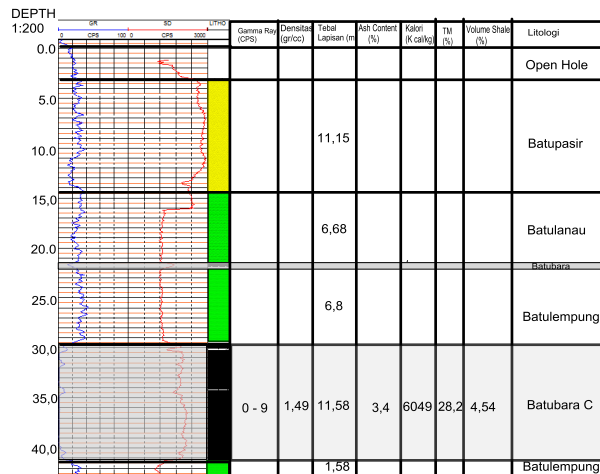
3. Sumur BK-190



Gambar V.3. Model sumur BK_190

Di sumur BK-190 dilakukan pengeboran sampai kedalaman 33,48 m, Dengan penyusun litologi, batulempung, batupasir dan batubara. Dari (**Gambar V.5**) pemodelan sumur BK-190 di jumpai Satu (1) lapisan batubara yaitu lapisan C di kedalaman 16,94 - 28,36 m. Ciri-ciri lapisan batubara C djumpai 1-2 pita pengotor berupa batulempung, *Interbuden* lapisan batubara C yaitu batulempug yang memiliki ketebalan sekitar 5,24 m dan batupasir yang memiliki ketebalan lapisan sekitar 1,75 m. Sedangkan ketebalan lapisan batubara C mencapai 11,42 m, Nilai densitas sebesar 1,48 gr/cc dan nilai *vulume shale* yang ada dilapisan batubara tersebut sebesar 6,3 % yang diketahui dari hasil perhitungan menggunakan rumus perhitungan *volume shale*. Nilai *Ash Content* sebesar 3,6%. dan nilai kalori sebesar 6021 kcal/kg serta *Total Moisture* sebesar 27,3% yang diketahui setelah dilakukan uji laboratorium. Susunan litologi sumur BK-190 dapat dilihat (**Gambar V.3**)

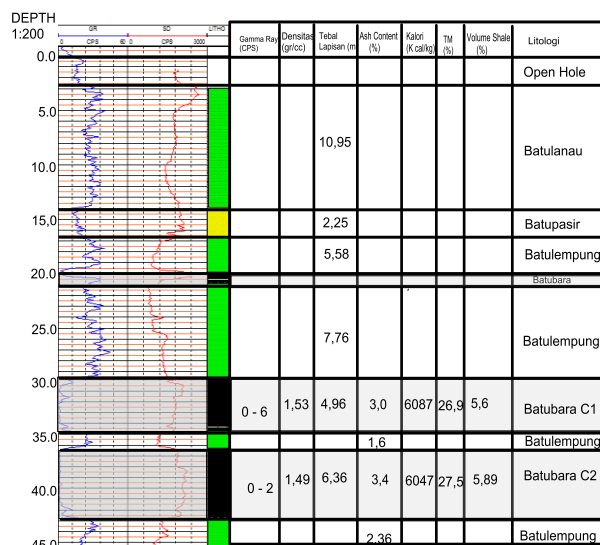
4. Sumur BK-191



Gambar V.4. Model sumur BK_191

Pada sumur BK-191 dilakukan pengeboran sampai kedalaman 45,1 m, Penyusun litologi yang dominan di sumur BK-191, batupasir, batulanau, batulempung dan batubara. Di sumur BK-191 ditemukan lapisan batubara yaitu lapisan batubara C di kedalaman 29,64 - 41,22 m yang memiliki tebal lapisan sekitar 11,58m, *Interbuden* lapisan batubara C di sumur BK-191 dicirikan oleh batulempung yang memiliki ketebalan sekitar 6,8 m dan batulanau yang memiliki ketebalan sekitar 6,6 m, dan batupasir yang memiliki ketebalan sekitar 11,15 m, Nilai densitas lapisan batubara C sebesar 1,49 gr/cc, Nilai *volume shale* 4,54 % diketahui dari hasil perhitungan menggunakan rumus *volume shale* dengan *Ash Content* sebesar 3,4%. Dan nilai kalori sebesar 6045 kcal/kg serta *Total Moisture* sebesar 28,2% yang diketahui setelah dilakukan uji laboratorium. Lebih jelasnya dapat dilihat di (Gambar V.4)

5. Sumur BK-192

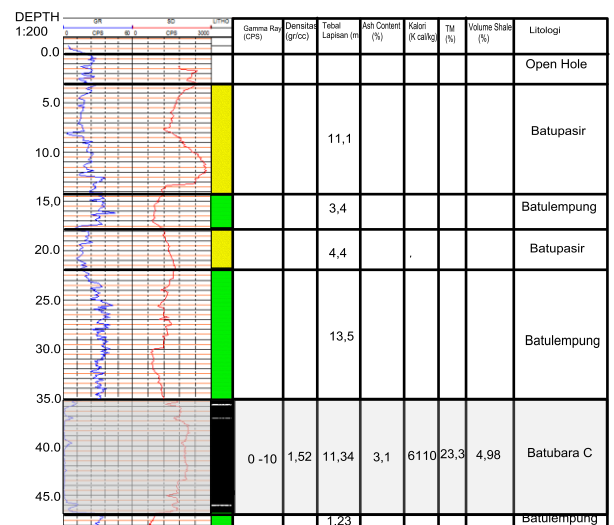


Gambar V.5. Model sumur BK_192

Pada sumur BK-192 dilakukan pengeboran sampai kedalaman 48,62 m, diketahui penyusun litologi,

batulanau, batupasir, batulempung dan batubara. Dari Gambar V.7 pemodelan sumur BK-192 dijumpai satu (1) lapisan batubara yaitu lapisan batubara C, Namun kenyataannya lapisan batubara C tersebut mengalami splitting yaitu lapisan batubara yang terpisah oleh parting lempung, serpih, atau sandstone dengan ketebalan tertentu sehingga mengakibatkan lapisan yang terpisah tidak dapat ditambang secara bersamaan. Sehingga di sumur BK-193 lapisan batubara C terbagi menjadi dua lapisan yaitu lapisan batubara C1 dan lapisan batubara C2, Lapisan batubara C1 ada di kedalaman 29,72 - 41,22 m . dengan tebal lapisan 4,96 m, *Interbuden* antara lapisan batubara C1 dan lapisan batubara C2 dicirikan adanya lapisan batulempung dengan tebal lapisan 7,76 batupasir dengan ketebalan 2,25 dan batulanau dengan tebal lapisan 10,95.. Nilai densitas lapisan batubara C1 sebesar 1,53 gr/cc, Nilai *volume shale* 5,6 % . diketahui dari hasil perhitungan menggunakan rumus *volume shale* dan nilai *Ash Content* dilapisan batubara tersebut sebesar 3,0% dan nilai kalori sebesar 6087 kcal/kg serta *Total Moisture* (TM) sebesar 26,9% yang diketahui setelah dilakukan uji laboratorium. Sedangkan di lapisan batubara C2 ada di kedalaman 36,28 - 42,64 m yang memiliki tebal lapisan sekitar 6,36 m, *Interbuden* lapisan batubara C2 dicirikan dengan adanya lapisan batulempung yang memiliki tebal lapisan sekitar 1,65 m. Nilai densitas batubara dilapisan C2 sebesar 1,49 gr/cc dan nilai *volume shale* yang ada di lapisan batubara tersebut 5,89% yang diketahui setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus *volume shale*, Nilai *Ash Content* sebesar 3,4%. dan nilai kalori sebesar 6047 kcal/kg serta *Total Moisture* (TM) sebesar 27,5% yang diketahui setelah dilakukan uji laboratorium. lebih jelasnya dapat dilihat di (Gambar V.5)

6. Sumur BK-193

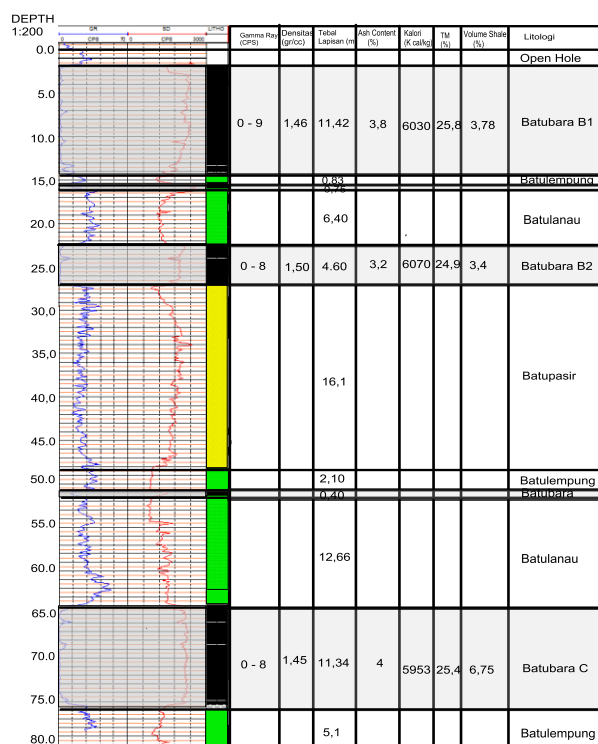


Gambar V.6. Model sumur BK_193

Pada sumur BK-193 dilakukan pengeboran sampai kedalaman 49,6 m, selama pengeboran dijumpai susunan litolog yang dominan batupasir, batulempung dan batubara. Dari sumur BK-193 ditemukan 1 (satu)

lapisan batubara yaitu lapisan batubara C di kedalaman 35,40 - 46,74 m. *Interbuden* lapisan batubara C di sumur BK-193 adanya lapisan batulempung yang memiliki tebal lapisan sekitar 13,5 m dan batupasir yang memiliki tebal lapisan sekitar 11,1 m. Nilai densitas lapisan batubara C di sumur BK-193 sebesar 1,52 gr/cc, Nilai *volume shale* di lapisan tersebut 4,98%. yang diketahui dari hasil perhitungan menggunakan rumus *volume shale*. Nilai *Ash Content* yang ada di lapisan batu bara tersebut sebesar 3,1% dan nilai kalori sebesar 6110 kcal/kg serta *Total Moisture* sebesar 23,3% yang diketahui setelah dilakukan uji laboratorium. Lebih jelasnya dapat dilihat di (**Gambar V.6**)

7. Sumur BK-194



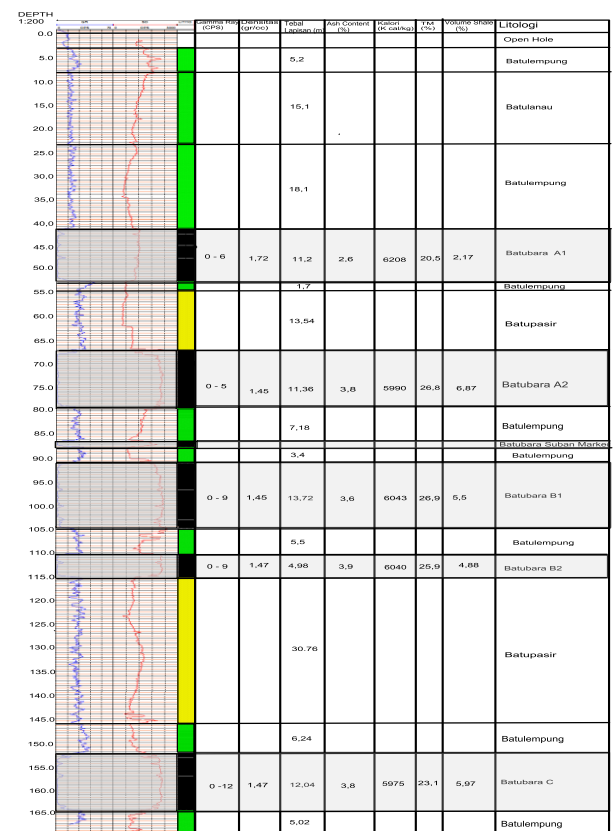
Gambar V.7. Model sumur BK_194

Pada sumur BK-194 dilakukan pengeboran sampai kedalaman 80 m, selama pengeboran dijumpai susunan litologi yang dominan batupasir, batulempung, batulanau dan batubara. Sumur BK-194 ditemukan Tiga (3) lapisan batubara yaitu lapisan batubara B1, lapisan batubara B2 dan lapisan batubara C. Lapisan batubara B1 ada di kedalaman 3,00 - 14,42 m, yang memiliki tebal lapisan 11,42 m. Lapisan batubara B1 di sumur BK-194 dijumpai *interbuden* berupa *soil* yang memiliki ketebalan sekitar 3 meter. Lapisan batubara B1 memiliki nilai densitas sekitar 1,46 gr/cc, Nilai *volume shale* 3,78% yang diketahui dari hasil perhitungan menggunakan rumus *volume shale* dengan nilai *Ash Content* yang dimiliki lapisan batubara tersebut sebesar 3,8%. nilai kalori sebesar 6030 kcal/kg serta *Total Moisture* sebesar 25,8% yang diketahui setelah dilakukan uji laboratorium. Sedangkan lapisan batubara B2 ditemukan di kedalaman 22,40 - 27,00 m,

yang memiliki tebal lapisan sekitar 4,60 m. *Interbuden* antara lapisan batubara B1 dengan lapisan batubara B2 dicirikan dengan batulanau yang memiliki tebal lapisan sekitar 6,40 m dan dijumpai sisipan batubara yang memiliki ketebalan sekitar 0,75 m. Lapisan batubara B2 memiliki nilai densitas sekitar 1,50 gr/cc. Nilai *volume shale* 3,4 % yang diketahui dari hasil perhitungan menggunakan rumus *volume shale* dengan nilai *Ash Content* sebesar 3,2% dan nilai kalori sebesar 6070 kcal/kg serta *Total Moisture* sebesar 24,9% yang diketahui setelah dilakukan uji laboratorium.

Terakhir ditemukan lapisan batubara lapisan C ada di kedalaman 63,96 - 75,30 m yang memiliki tebal lapisan 11,34 m. *Interbuden* antara batubara C dengan batubara B2 di sumur BK-194 dicirikan oleh batulanau yang memiliki tebal lapisan sekitar 12,66 m dan batulempung dengan tebal lapisan sekitar 2,10 m dan batupasir dengan tebal lapisan sekitar 16,1 m. Lapisan batubara C memiliki nilai densitas sekitar 1,45 gr/cc. Nilai *volume shale* 6,75 % yang diketahui dari hasil perhitungan menggunakan rumus *volume shale* dengan nilai *Ash Content* sebesar 4,0% dan nilai kalori sebesar 5953 kcal/kg serta *Total Moisture* sebesar 25,4 % diketahui setelah dilakukan uji laboratorium. Seperti halnya dapat dilihat di (**Gambar V.7**).

8. Sumur BK-195



Gambar V.8. Model sumur BK_195

Pada sumur BK-194 dilakukan pengeboran sampai kedalaman 169 m, selama dilakukan pengeboran dominan penyusun litologi yang ditemukan batulanau, batupasir, batulempung, batubara. Dari sumur BK-194

didapatkan lima (5) lapisan batubara yaitu lapisan batubara A1, lapisan batubara A2, lapisan batubara B1, lapisan batubara B2 dan lapisan batubara C.

Pada lapisan batubara A1 ada dikedalaman 41,04 - 52,60 m yang memiliki tebal lapisan sekitar 11,56 m. *Interbuden* lapisan batubara A1 ditandai dengan adanya lapisan batulempung memiliki tebal lapisan sekitar 18,1 m dan batulanau memiliki tebal lapisan sekitar 15,1 m dan batulempung dengan tebal lapisan sekitar 5,2 m. Lapisan batubara A1 memiliki nilai densitas sebesar 1,72 gr/cc. Nilai kalori yang dimiliki dilapisan batubara tersebut sebesar 6208 kcal/kg dan nilai *Ash Content* sebesar 2,6% serta *Total Moisture* (TM) sebesar 2,5% yang diketahui setelah dilakukan uji laboratorium, *volume shale* yang ada di lapisan batubara tersebut sebesar 2,17% yang diketahui dari hasil perhitungan menggunakan rumus *volume shale*, Sedangkan lapisan batubara A2 ada dikedalaman 67,84 - 79,20 m yang memiliki tebal lapisan sekitar 11,36 m *Interbuden* antara lapisan batubara A2 dengan lapisan batubara B1 yaitu batupasir yang memiliki tebal lapisan sekitar 13,54 m dan batulempung yang memiliki tebal lapisan sekitar 1,7 m. Lapisan batubara A2 memiliki densitas sebesar 1,45 gr/cc, Nilai kalori sebesar 5990 kcal/kg dan nilai *Ash Content* di lapisan batubara tersebut sebesar 3,8% serta *Total Moisture* (TM) sebesar 26,8% yang diketahui setelah dilakukan uji laboratorium. nilai *volume shale* sebesar 6,87% yang diketahui dari hasil perhitungan menggunakan rumus *volume shale*.

Pada lapisan batubara B1 ada dikedalaman 91,04 - 104,76, yang memiliki tebal lapisan batubara sekitar 13,72 m. *Interbuden* antara lapisan batubara A2 dengan lapisan batubara B1 dicirikan oleh adanya batulempung dan terdapat lapisan batubara tipis yang disebut Suban Marker, tebal lapisan batulempung yang ada di sumur BK-195 sebesar 3,4 m dan 7,18 m. Sedangkan batubara Suban Marker memiliki tebal lapisan sebesar 1,62 m. Lapisan batubara B1 memiliki nilai densitas sebesar 1,46 gr/cc yang memiliki nilai kalori sebesar 6043 kcal/kg dan nilai *Ash Content* sebesar 3,6% serta *Total Moisture* (TM) sebesar 26,9% diketahui setelah dilakukan uji laboratorium. *volume shale* di lapisan batubara tersebut sebesar 5,5% dari hasil perhitungan dengan rumus perhitungan *volume shale*. Sedangkan pada lapisan batubara B2 berada di kedalaman 110,26 - 115,24m yang memiliki tebal lapisan batubara sekitar 4,98m, *Interbuden* antara lapisan batubara A2 dengan lapisan batubara B1 dicirikan oleh adanya batulempung. Lapisan batulempung di sumur BK-195 memiliki tebal lapisan sekitar 5,5 m. Sedangkan nilai densitas yang dimiliki lapisan batubara B2 sekitar 1,47 gr/cc, Nilai kalori sebesar 6040 kcal/kg dan nilai *Ash Content* sebesar 3,9 % serta *Total Moisture* (TM) sebesar 25,9% yang diketahui setelah dianalisa uji laboratorium dan *volume shale* yang ada dilapisan batubara tersebut mencapai 4,88%. Dan pada lapisan terakhir yang ada di sumur BK-195 yaitu lapisan batubara C yang berada di kedalaman 152,24 - 164,28 m yang memiliki tebal

lapisan 12,04 m, *Interbuden* antara lapisan batubara C dengan lapisan batubara B2 dicirikan batulempung dan batupasir, Tebal lapisan batulempung di sumur BK-195 sekitar 6,24 m dan lapisan batupasir memiliki tebal lapisan 30,76 m. Nilai densitas di lapisan batubara C sebesar 1,47 gr/cc, Nilai kalori yang dimiliki sebesar 5975 kcal/kg, dengan *volume shale* 5,97% yang diketahui dari hasil perhitungan menggunakan rumus *volume shale* dan nilai *Ash Content* sebesar 3,8 % serta *Total Moisture* (TM) sebesar 23,1% yang diketahui setelah dilakukan analisa uji laboratorium, lebih jelasnya dapat dilihat di (Gambar V.8)

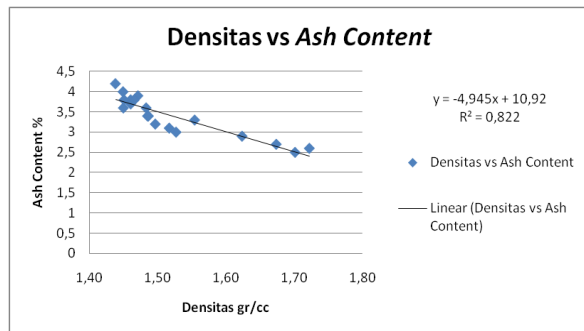
2. Tabel ADB (*Air Dried Basis*)

BH ID	X	Y	Z	DEPTH	Seam	From (M)	TO (M)	Tebal (M)	Ash (%)	TM (%)	Kalori kcal/kg
	WGS 84	WGS 84		(m)							
BK-177			70,17	106,04	A2	4,35	15,38	11,03	2,9	2,9	6128
					B1	26,5	39,42	12,92	2,7	2,7	6140
					B2	48,1	53,12	5,02	2,5	2,5	6210
					C	93,64	102,64	9	4,2	4,2	5978
BK-178			34,41	60,18	B2	6,06	11,06	5	3,3	23,5	6059
					C	44,44	55,82	11,38	3,7	24,4	5980
BK-190			60,36	33,48	C	16,94	28,36	11,42	3,6	27,3	6021
BK-191			50,78	46,70	C	29,64	41,22	11,58	3,4	28,2	6049
BK-192			54,98	48,62	C1	29,72	34,68	4,96	3,0	26,9	6087
					C2	36,28	42,64	6,36	3,4	27,5	6047
BK-193			53,37	51,82	C	35,4	46,74	11,43	3,1	23,3	6110
BK-194			40,17	81,80	B1	3	14,42	11,42	3,8	25,8	6030
					B2	22,4	27	4,6	3,2	24,9	6070
					C	63,96	75,3	11,34	4	25,4	5953
BK-195			60,73	169,28	A1	41,04	52,6	11,56	2,6	20,5	6208
					A2	67,84	79,2	11,36	3,8	26,8	5990
					B1	91,04	104,76	13,37	3,6	26,9	6043
					B2	110,26	115,24	4,98	3,9	25,9	6040
					C	152,24	164,28	12,04	3,8	23,1	5975

V.2.1. Hubungan densitas terhadap *Ash Content*

Hubungan densitas terhadap *Ash Content*, Dari grafik tersebut memiliki hubungan korelasi sangat kuat. Dengan koefisien determinan yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable dengan nilai $R^2 = 0,822$ atau 82,2%. Penulis mengkategorikan hubungan korelasinya sangat kuat dengan kecenderungan posisi garis berat bergerak kearah yang negatif (**Grafik V.1**) Menurut Haryoko, (2003). Tinggi rendahnya harga densitas batuan dipengaruhi oleh porositas dan jenis kandungan yang ada di dalamnya, juga dipengaruhi oleh tingkat/derajat kekompakan batuan. Sebab kekompakan batuan berpengaruh terhadap besarnya porositas, Densitas batuan besar maka memiliki porositas yang kecil sehingga kandungan abu semakin kecil karena tidak dapat masuk kedalam batubara. Makna berbanding terbalik, jika densitas kecil maka porositas semakin besar sehingga abu semakin banyak yang masuk ke dalam batubara, Dari hasil penjelasan tersebut masih ada hubungannya dengan kandungan kalori pada batubara, maka dari itu penulis mencoba mengetahui

faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas batubara dengan menghubungkan nilai densitas dengan kalori.

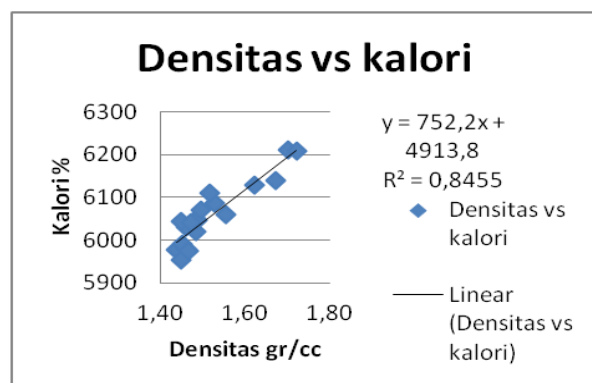


Grafik V.1. Grafik hubungan densitas terhadap *Ash Content*

V.2.2 Hubungan densitas terhadap kalori

Hubungan densitas terhadap kalori dilihat dari koefisien korelasi yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable maka nilai $R^2 = 0,845$ atau 84,5%, Penulis mengkategorikan hubungan korelasinya sangat kuat dengan kecenderungan posisi garis berat bergerak kearah yang positif (**Grafik V.2**), menurut (Sarwono, 2006). Garis berat memiliki kecenderungan kearah positif mempunyai arti semakin batubara memiliki densitas yang tinggi maka nilai kalori nya akan meningkat juga.

Fakta ini dikaitkan dengan asumsi awal yang menyatakan bahwa densitas dan kalori batubara mempunyai hubungan erat karena secara fisis nya jika suatu batubara itu mempunyai densitas yang lebih besar, maka porositas nya akan semakin kecil, dan porositas yang semakin kecil itu akan membuat kandungan kelembaban dalam suatu batubara kecil karena tidak ada pori atau semacam *cleat* untuk menyerap atau sebagai jalan fluida. Dan hal ini akan menyebabkan proses pembakaran batubara nya menjadi sempurna maka kalori yang dihasilkan akan tinggi.

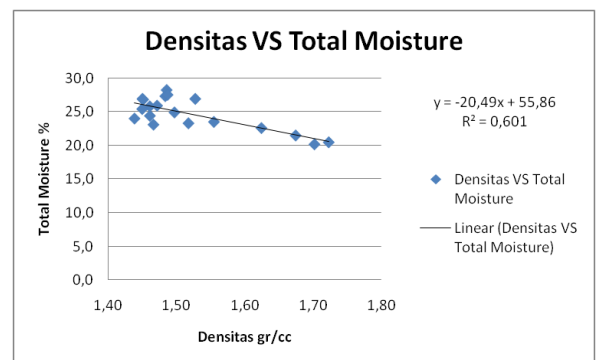


Grafik V.2. Grafik hubungan densitas terhadap kalori

V.2.3 Hubungan Densitas terhadap Total Moisture

Dari hasil korelasi *trendline* observasi *scatterplots bivariant* hubungan densitas dan *total moisture* pada daerah penelitian, didapatkan nilai

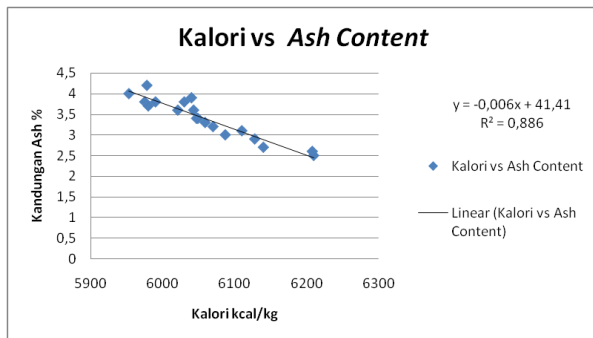
koefisien korelasi $R^2 = 0,601$ atau 60,1% dengan nilai rata-rata densitas 1,522 gr/cc dan nilai rata-rata *total moisture* 25 %. (**Tabel V.4**) Dilihat dari koefisien determinasi yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable maka nilai $R^2 = 0,601$ atau 60,1 %, penulis mengkategorikan hubungan korelasinya kuat dengan kecenderungan posisi garis berat bergerak kearah yang negatif (Sarwono, 2006). Garis berat memiliki kecenderungan kearah negatif mempunyai arti semakin tinggi densitas batubara maka nilai *total moisture* nya akan menurun. (**Grafik V.3**). Fakta ini dikaitkan dengan asumsi awal yang menyatakan bahwa densitas dan kelembaban mempunyai hubungan erat karena secara fisis nya jika suatu batubara itu mempunyai densitas yang lebih besar, maka porositas nya akan semakin kecil, dan porositas yang semakin kecil itu akan membuat kandungan kelembaban dalam suatu batubara kecil karena tidak ada pori atau semacam *cleat* untuk menyerap atau sebagai jalan fluida.



Grafik V.3. Densitas vs *Total Moisture*

V.2.4 Hubungan kalori terhadap Ash Content

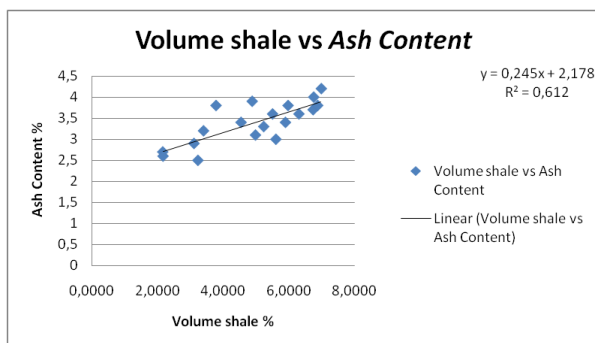
Hubungan kalori terhadap *Ash Content* dilihat dari koefisien korelasi yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable diperoleh nilai $R^2 = 0,886$ atau 88,6 %, Penulis mengkategorikan hubungan korelasinya sangat kuat dengan kecenderungan posisi garis berat bergerak kearah yang negatif (**Grafik V.4**), menurut (Sarwono, 2006). Garis berat memiliki kecenderungan kearah negatif mempunyai arti semakin meningkatnya nilai *ash content* maka nilai kalori pada batubara akan menurun. Kandungan abu adalah material yang tidak terbakar setelah batubara dibakar sempurna, semakin banyak kandungan abunya maka kualitas batubara semakin jelek, kandungan abu yang tinggi akan mengurangi nilai kalorinya Menurut Thomas (2002) Kandungan abu adalah material yang tidak terbakar setelah batubara dibakar sempurna, semakin banyak kandungan abunya maka kualitas batubara semakin jelek, kandungan abu yang tinggi akan mengurangi nilai kalorinya, karena kadar abu mempengaruhi efisiensi dari proses pembakaran, dimana jika kadar abu yang dihasilkan dari pembakaran banyak maka diperlukan waktu yang lebih lama untuk dapat membersihkan abu dari tungku pembakaran.



Grafik V.4. Grafik kalori vs Ash Content

V.3. Hubungan Volume shale terhadap Ash Content

Hubungan *Volume shale* terhadap *Ash Content*, Dilihat dari koefisien korelasi yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable diperoleh nilai $R^2 = 0,612$ atau 61,2 %, Penulis mengkategorikan hubungan korelasinya kuat dengan kecenderungan posisi garis berat bergerak kearah yang positif, Berbanding lurus (Grafik V.5), Dimana garis berat memiliki kecenderungan kearah positif (Sarwono, 2006) mempunyai arti semakin tinggi *volume shale* batubara maka nilai kandungan abunya akan meningkat. Dengan asumsi bahwa selama lapisan batuan tidak mengandung mineral lain (selain mineral *clay*) yang bersifat radioaktif (Haryoko, 2003). Oleh sebab itu, besar kecilnya kandungan *clay* pada lapisan batubara mencerminkan besar kecilnya kandungan abu pada lapisan batubara tersebut. Semakin besar kandungan *clay* maka kandungan abu juga akan semakin besar, sebaliknya semakin kecil kandungan *clay* maka kandungan abu juga akan semakin kecil.

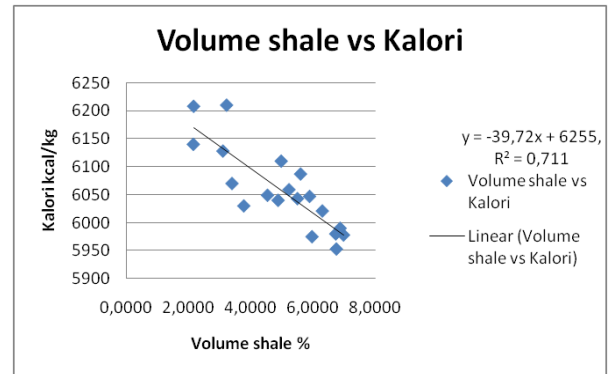


Grafik V.5. Grafik Volume shale vs Ash Content

V.3.1 Hubungan antara Volume shale terhadap Kalori

Hubungan *Volume shale* terhadap kalori, Dilihat dari koefisien korelasi yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable diperoleh nilai $R^2 = 0,711$ atau 71,1 %, Penulis mengkategorikan hubungan korelasinya kuat dengan kecenderungan posisi garis berat bergerak kearah yang negatif, Berbanding terbalik (Grafik V.6). (Sarwono, 2006) Dimana garis berat bergerak kearah yang negatif maka semakin tinggi *volume shale* batubara maka nilai kalori akan menurun. Menurut Thomas (2002). Kandungan abu adalah material yang tidak terbakar setelah batubara dibakar sempurna, semakin banyak

kandungan abunya maka kualitas batubara semakin jelek, kandungan abu yang tinggi akan mengurangi nilai kalorinya fakta ini dikaitkan dengan asumsi semakin banyak *volume shale* maka kandungan abu pada lapisan batubara semakin banyak terjadi penurunan nilai kalori, sedangkan semakin sedikit *volume shale* maka kandungan abu yang terdapat pada lapisan batubara semakin sedikit terjadi kenaikan nilai kalori.



Grafik V.6. Grafik Volume shale vs Kalori

V. KESIMPULAN

1. Daerah penelitian termasuk dalam Formasi Muara Enim pada Cekungan Sumatera Selatan Formasi Muara Enim diendapkan selaras di atas Formasi Air Benakat Formasi ini memiliki ketebalan antara 450 sampai 1200 meter dengan umur Miosen Atas – Pliosen. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal, dataran delta dan non-marine. Formasi Muara Enim dicirikan oleh batuan yang berupa Batupasir, Batulanau, Batulempung, dan Batubara. Pada bagian atas formasi ini sering terdapat Tuf atau lempung tufaan.
2. Analisa lapisan batubara disetiap titik sumur bor dari model deskriptif didapatkan nilai rata-rata densitas sebesar 1,52 gr/cc. Dan *Volume Shale* sebesar 4,951%, *Ash Content* 3,39%, Nilai kalori sebesar 6059 Kcal/kg dan nilai rata-rata *Total Moisture* sebesar 25%.
3. Hubungan antara nilai densitas terhadap *Ash Content* berbanding terbalik dengan garis berat kearah negatif memiliki hubungan korelasi sangat kuat. Dengan koefisien determinan yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable dengan nilai $R^2 = 0,822$ atau 82,2%. Semakin tinggi nilai densitas maka semakin kecil *Ash Content* yang dimiliki.
4. Hubungan densitas terhadap Kalori berbanding lurus dengan garis berat kearah positif memiliki hubungan korelasi sangat kuat. Dengan koefisien determinan yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable dengan nilai $R^2 = 0,845$ atau 84,5%, Semakin tinggi nilai densitas maka semakin kecil kandungan *Ash* yang dimiliki sehingga nilai kalori pada batubara akan

- meningkat.
5. Hubungan densitas terhadap *Total Moisture* (TM) berbanding terbalik dengan garis berat kearah negatif memiliki hubungan korelasi kuat. Dengan koefisien determinan yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable dengan nilai $R^2 = 0,601$ atau 60,1 %. Semakin tinggi nilai densitas maka *Total Moistur* akan menurun.
 6. Hubungan Kalori terhadap *Ash Content* berbanding terbalik dengan garis berat kearah negatif yang memiliki hubungan korelasi sangat kuat. Dengan koefisien determinan yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable dengan nilai $R^2 = 0,886$ atau 88,6 %, mempunyai arti semakin meningkatnya *Ash Content* maka nilai kalori pada batubara akan menurun.
 7. Hubungan *Volume shale* terhadap *Ash Content* berbanding lurus dengan garis berat kearah positif memiliki hubungan korelasi kuat. Dengan koefisien determinan yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable dengan nilai $R^2 = 0,612$ atau 61,2 %, semakin tinggi *volume shale* batubara maka nilai *Ash Content* akan meningkat.
 8. Hubungan *Volume shale* terhadap Kalori berbanding terbalik dengan garis berat kearah negatif memiliki hubungan korelasi kuat. Dengan koefisien determinan yang merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable dengan nilai $R^2 = 0,711$ atau 71,1 %, semakin tinggi *volume shale* batubara maka nilai kalori akan menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, 1984, Sumatera, *Geology Resources and tectonic Evaluation*. ITB
- Bemmelen, R. W. Van. 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. 1A, General geology of Indonesia and adjacent archipelagos Govt printing office the Hague.
- BPB manual 1981, *British Petroleum Book*, British company, United Kingdom
- Darman, H. dan Sidi, F. H., 2000. *An outline of the geology of Indonesia coal*. Indonesian association of geologists. Jakarta, hal. 254
- Firdaus, 2008, *Interpretasi Petrofisika*, PT. ELNUSA GEOSAINS.
- Gafoer, S., Cobrie, T. dan Purnomo, J., 1986, Laporan geologi lembar Palembang Sumatra, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Haryoko, 2003. Dasar Interpretasi Log, Pertamina, Yogyakarta.
- Hearst and Nelson., 1985. *Well Logging For Physical Properties*. McGraw-Hill Book Company. United States of America. 370 – 371.
- Hoffman, 1982. *Geophysical Borehole Logging Handbook for Coal Exploration*. The Coal Mining Research Centre. Edmonton-Canada.
- Jackson, A. (1961)- Oil exploration- a brief review with illustrations from South Sumatra. Contr. Dept. Geol. Inst. Techn. Bandung 40, 9p. (Brief Shell paper on S Sumatra oil exploration).
- Koesoemadinata dan Plunggono, 1969, Kerangka Sedimenter Endapan Batubara Tersier di Indonesia, Pertemuan Ilmiah Tahunan VI, IAGI
- Koesoemadinata, 1980, *Thectono-Stratigraphic Framework of Tertiary Coal Deposit of Indonesia, Proceeding Southeast Asia Coal Geology*. Bandung.
- Koesoemadinata, 1980, peta geologi bersistem, pusat penelitian dan pengembangan geologi, ITB.
- Koesoemadinata, 1974, *Teknik Penyelidikan Geologi Bawah Permukaan*, Pedoman Pratikum Geologi Minyak dan Gas Bumi, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Kuncoro, 1996. *Perencanaan Eksplorasi Batubara*, Progam Studi Khusus Eksplorasi Sumberdaya Bumi Progam Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung
- L.E. Schlatter's, 1973, Introduction to coal and coal Geology, New York.
- Mares, 1984. *Intruccion To Applied Geophysics*. New York
- Munadi, 2001, *Instrumentasi Geofisika*. Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika (FMIPA), Universitas Indonesia. Depok, hal 56.
- Musset, 2001, *looking into the Earth*, Cambridge University Press. New York
- Reeves, 1986, *Coal Interpretation Manual*. BPB Instruments Limited.
- Sarwono, 2006, *Pengantar Metode Statistik*, Intermedia Statistik, Jakarta.
- Sukandarrumidi, 1995, *Batubara dan Gambut*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Susilawati, 1992. Proses Pembentukan Batubara, Analisa Penelitian dan Pengembangan Geologi, ITB
- Thomas, L., 2002, *Coal Geology*: John Wiley & Sons Ltd. The Atrium. Southern Gate. Chishester, West Sussex PO19 8Sq, England
- Warren, J., 2002. *Well Logging*,
- Winda, 1996. Interpretasi Litologi Berdasarkan Data Log Sinar Gamma, Rapat Massa, dan Tahanan Jenis Pada Eksplorasi Batubara. Bandung

Sumber data dan peta daerah penelitian

- PT. Bukit Asam, (2000) Stratigrafi dan kolom litologi lapisan batubara di daerah Banko PIT 1 Barat